Lane Medical Library

Aus der medizinischen Universitätsklinik Göttingen
(Direktor: Professor Dr. H. Straub)

Über die Eigenschaften des präsystolischen Geräusches bei Mitralstenose

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Gertrud Roßner
Medizinalpraktikantin
aus Murowana-Goslin

Göttingen 1929

Referent: Privatdozent Dr. E. Baß
Korreferent: Professor Dr. H. Straub

Tag der mündlichen Prüfung: 26. Juli 1929

Universitätsverlag von Robert Noske in Borna-Leipzig

Meinen lieben Eltern
gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154024_0109

I. Einleitung.

Für die Diagnose der Herzklappenfehler ist der Auskultationsbefund meist von ausschlaggebender Bedeutung. Bei der Mitralstenose handelt es sich bekanntlich um eine Verengerung des Mitralostiums, die durch entzündliche, meist narbige Veränderungen der Mitralklappensegel hervorgerufen wird. Dadurch wird der Abfluß des Blutes aus dem linken Vorhof in die linke Kammer erschwert. Diese Strömungsbehinderung des Blutes gibt zur Entstehung von Schallerscheinungen Anlaß, die ihrer zeitlichen Anordnung nach in die Phase der Kammerdiastole fallen. Innerhalb dieses Zeitabschnittes kann das diastolische Geräusch in der verschiedenartigsten Form angeordnet sein. So findet man häufig ein ausgesprochenes diastolisches Geräusch, das kurz nach dem zweiten Herzton beginnt und während der ganzen Dauer der Diastole hörbar ist. Oft weist das Geräusch gegen Ende der Diastole eine deutliche Zunahme seiner Lautstärke auf. Dies tritt am eindrucksvollsten kurz vor Beginn der Systole hervor, so daß man zu sagen pflegt, das Geräusch trage präsystolischen Crescendo-Charakter. In anderen Fällen ist nur im Beginn der Diastole ein kurzes Geräusch hörbar, das man als protodiastolisch bezeichnet, oder es findet sich nur ein präsystolisches Geräusch, oder aber es ist sowohl ein protodiastolisches als ein präsystolisches Geräusch vorhanden, wobei beide Geräusche durch eine kurze schallfreie Pause voneinander abgesetzt sein können.

Wenn wir unsere besondere Aufmerksamkeit dem präsystolischen Crescendo-Geräusch bei Mitralstenose zuwenden wollen, so erscheint es zweckmäßig, die bei Mitralstenose vorliegenden dynamischen Verhältnisse in den hauptsächlich beteiligten Abschnitten des linken Herzens einer kurzen Betrachtung zu unterziehen, da die hier vorliegenden Druckunterschiede für die Geräuschentstehung von Bedeutung sind. Nach H. Straub (24) besteht die hauptsächliche Wirkung der Mitralstenose in einer Drucksteigerung im linken Vorhof. Durch die Vergrößerung der Druckunterschiede zwischen linkem Vorhof und linker Kammer wird das nor-

male Blutquantum durch das verengte Ostium hindurchgetrieben. Das präsystolische Geräusch tritt nach Romberg (22) dann in die Erscheinung, wenn der Druckunterschied zwischen linkem Vorhof und linker Kammer gegen Ende der Diastole so groß geworden ist, daß infolge der wachsenden Stromgeschwindigkeit Schwingungen ausgelöst werden, die wir als präsystolisches Geräusch wahrnehmen können. Das Größerwerden des Druckunterschiedes zwischen linkem Vorhof und linkem Ventrikel erklärt zwanglos den Crescendo-Charakter des Geräusches, das mit dem laut klappenden 1. Herzton seinen Abschluß findet. Die Annahme einer Mitwirkung des Vorhofes bei dem Anwachsen der Lautstärke des Geräusches, die vielfach gemacht wird, wäre nach dieser Auffassung entbehrlich.

Die verwickelten Bedingungen bei der Entstehung des präsystolischen Mitralstenosengeräusches haben im Gegensatz zu der geschilderten Anschauung seit Brockbank (5) eine Anzahl von Autoren, zuletzt auf Grund kardiographischer Studien Weitz (30), die Ansicht vertreten lassen, das präsystolische Geräusch falle teilweise in den Beginn der Kammersystole, speziell in die Anspannungszeit. Brockbank (5) ist der Meinung, daß die am Ende der Diastole geöffneten Mitralklappen nicht ohne weiteres und nicht sofort dem im Beginn der Kammersystole ansteigenden Ventrikeldruck folgen. Vielmehr ströme das Blut zunächst an den freien Rändern der Klappe vorbei, versetze sie in Schwingungen und errege dadurch das Geräusch, das man herkömmlich als präsystolisches Geräusch bezeichnet. Nach dieser Auffassung würde aber das Geräusch nicht ein präystolisches, also letzten Endes diastolisches Geräusch sein, sondern in den Beginn der Ventrikelsystole fallen und demnach als protosystolisches Geräusch zu bezeichnen sein.

Weitz (30,31) kommt auf Grund von Aufzeichnungen des Herzspitzenstoßes mit der Frankschen (11) Segmentkapsel zu dem Schluß, daß bei Mitralstenose eine Verzögerung des Mitralklappenschlusses und damit eine Verzögerung der den 1. Herzton bedingenden Klappenschwingungen eintrete. Aus dieser Überlegung ergibt sich nach Weitz (30) die weitere Folgerung, daß das sog. präsystolische Geräusch, wenn es wirklich seiner zeitlichen Anordnung nach als rein diastolisch aufzufassen wäre, von dem 1. Herzton durch eine gewisse Pause getrennt sein müßte. Da aber für das sog. präsystolische Geräusch gerade sein unmittelbarer Übergang in den 1. Herzton charakteristisch ist, muß nach Weitz (31) wenigstens ein Teil des Geräusches in die Systole

fallen; das Geräusch muß also danach als protosystolisch bezeichnet werden. Damit schließt sich Weitz (31) der Ansicht Brockbanks (5) in diesem Punkte an und kommt zu der Anschauung, daß das Anwachsen der Lautstärke des Geräusches durch die Abhängigkeit der Stärke der Klappenschwingungen von der Geschwindigkeit des Blutstromes zu erklären sei, die mit dem steilen Anstieg des Ventrikeldruckes im Beginn der Systole beträchtlich zunehmen müsse.

Zur Klärung der vorliegenden Fragen wurden von O. Weiß und G. Joachim (29) mitels des Weißschen Phonoskopes Aufzeichnungen des präsystolischen Mitralstenosengeräusches unter gleichzeitiger Registrierung des Elektrokardiogramms hergestellt. Es geht aus diesen Schallkurven hervor, daß zwar der 1. Mitralton bei Mitralstenose später liegt als beim Gesunden. Nach den zeitlichen Verhältnissen, die sich aus den Schallkurven ergeben, wird aber von Weiß und Joachim (29) die Möglichkeit bestritten, daß der Crescendo-Charakter des präsystolischen Geräusches durch die Ventrikeltätigkeit bedingt sein könnte. Aber auch diese Befunde sind nach Weitz (30) nicht hinreichend beweiskräfig, um die von ihm vertretene Anschauung zu widerlegen.

Eine Entscheidung der hier vorliegenden Fragen kann nur auf Grund getreuer Schallaufzeichnungen mit leistungsfähiger Methodik getroffen werden.

II. Methodik.

Unter den bisher bekannten Methoden der Schallaufzeichnung kann man zwei Gruppen unterscheiden: erstens die Verfahren mit direkter Lufttransmission, wobei die Schallschwingungen mittels eines Schlauches direkt einer Membran zugeleitet werden, deren Bewegungen durch einen Lichtzeiger auf photographischem Wege aufgezeichnet werden, und zweitens die Verfahren mit elektrischer Übertragung, wobei die Schallschwingungen durch ein geeignetes Aufnahmeorgan (Mikrophon, Telephon usw.) in elektrische Wechselströme umgewandelt werden. Es besteht dann die Aufgabe, diese Wechselstromkurve, die ein Abbild der Schallschwingungen darstellt, mit einem schnell reagierenden Registrierinstrument aufzuzeichnen.

In allen derartigen Schallaufnahmeapparaten müssen die Forderungen erfüllt sein, die auch sonst für die graphische Aufzeichnung von Bewegungsvorgängen Geltung haben. Sie müssen geeignet

sein, alle in einem zusammengesetzten Schallvorgang enthaltenen Teilvorgänge nach Amplitude und Frequenz richtig wiederzugeben. Man hat also dafür zu sorgen, daß nicht durch die Eigenschaften des Aufnahmeapparates Fälschungen des aufzuzeichnenden tatsächlichen Bewegungsvorganges, hier der Schallschwingungen, hervorgerufen werden. Die in dieser Beziehung zu stellenden Anforderungen sind von Brömser (6) zusammenfassend formuliert worden. Es ist notwendig, das Aufnahmeorgan so abzustimmen, daß seine Eigenschwingungszahl wesentlich höher liegt als alle in dem aufzuzeichnenden Vorgang enthaltenen Teilfrequenzen. Ist diese Forderung aus praktischen Gründen nicht erfüllbar, so muß die Dämpfung des Aufnahmesystems gesteigert werden. Man kann dabei bis nahe an die Aperiodizität gehen. Der optimale Dämpfungsgrad liegt bei $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ($D = 0{,}75$). Unter diesen Bedingungen kann man noch Bewegungsvorgänge weitgehend getreu darstellen, deren Frequenz nahe an die Eigenschwingungszahl des Aufnahmesystems heranreicht. Man muß sich aber vor Augen halten, daß durch die Einführung der Dämpfung die Eigenschwingungszahl des Registriersystems wieder herabgesetzt wird. Außerdem muß aber das Aufnahmesystem eine hinreichende Empfindlichkeit aufweisen, damit es auch noch auf sehr geringe Intensitäten anzusprechen vermag. Diese Forderung ist besonders wichtig bei der Aufzeichnung von Schallvorgängen, in denen häufig außer der Grundperiode noch zahlreiche Teilschwingungen sehr geringer physikalischer Intensität und hoher Frequenz enthalten sind. Die Schwierigkeit liegt dann hauptsächlich darin, daß sich eine Steigerung der Eigenschwingungszahl des Registriersystems meist nur auf Kosten einer Herabsetzung der Empfindlichkeit, und eine Steigerung der Empfindlichkeit nur auf Kosten einer Herabsetzung der Eigenschwingungszahl erreichen läßt.

Auf die Schallregistrierverfahren mit direkter Übertragung des Schalls auf eine Membran mittels Lufttransmission soll hier nicht ausführlich eingegangen werden. Derartige Verfahren sind von O. Frank (10), Gerhartz (14), Ohm (19), Weiß (28), Garten (13) u. a. zur Aufzeichnung des Herzschalls verwendet worden. Sie unterscheiden sich voneinander im wesentlichen nur durch die Art der verwendeten Aufnahmemembran, zu der Condom-Gummi, Glimmerplättchen, Gelatinehäutchen und schließlich Seifenmembranen verwendet wurden. Theoretisch und experimentalkritisch am besten begründet ist unter diesen Methoden diejenige von

O. Frank (10). Aber auch bei diesem Verfahren reicht die Empfindlichkeit nicht aus, um neben den tieferen auch die hohen, nur geringe physikalische Intensität aufweisenden Teilschwingungen des Herzschalls gleichzeitig zur Aufzeichnung zu bringen.

Unter diesen Verfahren muß hier noch der Saitenphonograph von Einthoven und Hoogerwerf (8) erwähnt werden. Bei dieser Anordnung werden die Schallschwingungen durch direkte Reibungskoppelung auf einen sehr dünnen Quarzfaden übertragen, dessen Bewegungen nach Vergrößerung durch ein Mikroskop optisch aufgezeichnet werden. Die Abstimmung des Quarzfadens läßt sich durch Anwendung verschiedener Spannungsgrade in weiten Grenzen ändern. Bei geeigneter Dimensionierung des Quarzfadens und bei Anwendung eines zweckmäßigen Spannungsgrades läßt es sich erreichen, daß die Bewegungsamplituden der schwingenden Saite den Bewegungsamplituden der schwingenden Luftteilchen proportional werden, wobei eine Eigenschwingungszahl des Quarzfadens bis zu 30 000 Hertz erzielt werden kann. Auch bei dieser Anordnung ist aber die Absolutempfindlichkeit verhältnismäßig gering. Es muß daher ein Trichter eingesetzt werden, um den Schall dem registrierenden System zuzuleiten, was wegen der möglichen Ausbildung störender Resonanzen gewisse Bedenken hat (vgl. F. Trendelenburg [26]).

Der Weg, die Schallschwingungen in elektrische Wechselströme umzuwandeln und als Wechselstromkurve mittels eines hoch abgestimmten und hochempfindlichen elektrischen Registrierinstrumentes aufzuzeichnen, wurde erstmals von Einthoven (7) beschritten. Er verwendet als Schallaufnahmeorgan ein Kohlenkörnermikrophon und als Registrierinstrument das Saitengalvanometer. Die Verwendung des Kohlenkörnermikrophons bringt aber insofern große Schwierigkeiten, als es außerordentlich erschütterungsempfindlich ist, so daß die Möglichkeit einer Fälschung der Schallkurve durch störende Eigengeräusche nicht mit voller Sicherheit vermieden werden kann. Dazu kommt der Umstand, daß Kohlenkörnermikrophone in ihrer Empfindlichkeit häufig zeitlich inkonstant sind. Weiter macht sich häufig das Vorhandensein von Eigenresonanzen der Mikrophonmembran im Bereich der für die Schallanalyse wichtigen Frequenzgebiete bemerkbar, und schließlich besitzen die meisten Kohlenkörnermikrophone einen ausgesprochenen Schwellenwert, so daß nur Schallintensitäten, die diesen Schwellenwert übersteigen, zur Aufzeichnung kommen. Auch gegen die Verwendung des Saitengalvanometers als Registrierinstrument bestehen gewisse Bedenken. Wie Fahr (9)

zeigt, macht schon die getreue Aufzeichnung periodischer Wechselströme, die aus zwei oder mehr sinusförmigen Komponenten bestehen, Schwierigkeiten, da die Wechselstromempfindlichkeit des Saitengalvanometers für verschiedene Frequenzen verschieden groß ist. Eine Eichung der Saite mit konstantem Strom hat wenig Wert. Zur Erzielung einer Genauigkeit von 95% in der Ordinatenhöhe müßte die Eigenschwingungszahl der Saite bei periodischer Einstellung der Dämpfung fünfmal größer sein als die Frequenzen der höchsten wiederzugebenden Teilschwingungen. Bei aperiodischer Einstellung der Saitendämpfung sind aber nach F a h r (9) schon bei Frequenzen über 100 Hertz sowohl die relative Höhe als auch die relative Lage der einzelnen Komponenten des Wechselstromes geändert. Aus diesen Gründen kann den mit Hilfe des Saitengalvanometers aufgezeichneten Schallkurven nur beschränkter Wert beigemessen werden.

Einen entscheidenden Fortschritt in der Ausbildung der elektrischen Verfahren der Schallregistrierung bedeutet die Einführung elektromagnetischer oder kapazitiver Schallempfänger, die keinen Schwellenwert und keine Eigengeräusche aufweisen.

Ein Verfahren dieser Art wurde von H. A. F r e d e r i c k und H. F. D o d g e (12) ausgearbeitet, bei dem ein elektromagnetischer Membranempfänger verwendet wird, der auf einen besonders gebauten Verstärker arbeitet. Der elektrische Anschluß des Empfängers an den Eingang des Verstärkers bietet insofern Schwierigkeiten, als zur Erzielung eines guten Wirkungsgrades zu diesem Zweck ein Transformator eingesetzt werden muß. Dadurch wird der Wert der an sich günstigen Abstimmungsmöglichkeit des Empfangsorgans wieder verringert, weil der Bau von Transformatoren mit gleichmäßiger richtiger Übertragung eines großen Frequenzbereichs von den tiefsten bis zu den höchsten Teiltönen eines zusammengesetzten Schalls außerordentliche Schwierigkeiten bereitet.

Auch S c h e m i n z k y (23) bedient sich eines elektromagnetischen Empfängers in Verbindung mit einer Verstärkeranordnung. Das Empfangsorgan selbst ist dabei verhältnismäßig tief abgestimmt (etwa bei 1500 Hertz); auch bei diesem Verfahren ist der Einsatz eines Transformators nicht zu vermeiden. Bei Einsatz eines Telephons in den Ausgang des Verstärkers war bei diesem Verfahren der subjektive Eindruck des wiedergegebenen Schalls von dem direkt mit Hilfe eines Stethoskops wahrgenommenen Schall nicht zu unterscheiden. Die graphische Aufzeichnung erfolgte mittels des Saitengalvanometers. Abgesehen von diesem Umstand sind aber bei dieser Anordnung nicht alle bezügl. klanggetreuer

Wiedergabe der zugrundeliegenden Schallschwingungen aufzustellenden Forderungen erfüllt. Über die Bedenken gegen die Verwendung des Saitengalvanometers als Registrierinstrument wurde bereits gesprochen.

Alle die eben geschilderten Schwierigkeiten werden vermieden bei Anwendung kapazitiver Schallempfänger, die man als Kondensatormikrophone bezeichnet. Unter den Schallempfängern dieser Art zeigt das Kondensatormikrophon von Riegger (21) nach seinen physikalischen Eigenschaften die besten Vorbedingungen für die Aufzeichnung der klinisch wichtigen Schallerscheinungen. Über Erfahrungen in der Anwendung dieses Verfahrens bei der Aufzeichnung von Atemgeräuschen und Herztönen liegen bereits mehrere Arbeiten vor (E. Baß [2,3], F. Trendelenburg [26, 27], K. Posener und F. Trendelenburg [20], A. Bittorf, H. Liebig und F. Trendelenburg [4]). Im folgenden soll das Prinzip der Methode in der Form, wie sie von F. Trendelenburg (28) ausgebildet worden ist, näher beschrieben werden.

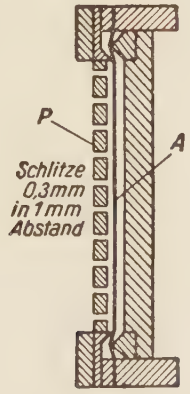

Abb. 1. Das Kondensatormikrophon.

Hinter einer geschlitzten Metallplatte P befindet sich eine Aluminiumfolie von 0,5 μ Dicke, die durch zwei dünne Seidenmembranen lose in ihrer Lage gehalten wird. Hinter der Aluminiumfolie ist der Empfänger durch eine starre Rückwand abgeschlossen, so daß zwischen der Aluminiumfolie und der Rückwand des Empfängers ein als Luftpolster wirkender Raum entsteht.

Trifft nun durch die Schlitze von P Schall auf die Aluminiumfolie A, so wird diese in Schwingungen versetzt. Dadurch ändert sich der Abstand der Folie von der geschlitzten Metallplatte im Rhythmus des auftreffenden Schalls. Denkt man sich die Aluminiumfolie A als die eine Belegung und die Metallplatte P als die andere Belegung eines elektrischen Plattenkondensators, so versteht man, daß durch die Schwingungen der durch den Schall bewegten Aluminiumfolie bald eine Vermehrung, bald eine Verminderung der Kapazität dieses Plattenkondensators entstehen muß, und zwar steigt die Kapazität bei Annäherung der Folie an die Platte und sinkt bei Entfernung von ihr. Wir haben also in dem Kondensatormikrophon eine Vorrichtung, die in elektrischer Beziehung als Kondensator aufzufassen ist, der seine Kapazität bei Einwirkung von Schall genau entsprechend dem Rhythmus der auftreffenden Schallschwingungen ändert.

Schaltet man dieses kapazitive Mikrophon als Kapazität in einen elektrischen Hochfrequenzschwingungskreis, so wird beim Auftreffen von Schall auf die Aluminiumfolie eine dem Rhythmus des Schalls entsprechende Modulation der ursprünglichen Hochfrequenzschwingung erzeugt, da ja die Eigenschwingung des Hochfrequenzschwingungskreises von der Größe der in ihm enthaltenen Kapazität und Induktivität abhängig ist. Die Induktivität wird unveränderlich eingesetzt; die Modulationen der ursprünglichen Hochfrequenzschwingung werden allein durch die Änderung der Kapazität des Kondensatormikrophons hervorgerufen. Der Nachweis dieser auf die Schalleinwirkung zurückzuführenden niederfrequenten Modulationen der ursprünglichen Hochfrequenzschwingung gestaltet sich so, daß ein zweiter elektrischer Schwingungskreis auf den ersten so abgestimmt wird, daß man sich im Ruhezustand auf halber Höhe der Resonanzkurve bewegt. Nach Gleichrichtung der ursprünglichen Hochfrequenzschwingung ergibt sich ein pulsierender Gleichstrom, dem die durch Schalleinwirkung hervorgerufene Frequenzmodulation aufgeprägt ist. Nach ausreichender Verstärkung wird im Ausgang der Anordnung eine hochabgestimmte Oszillographenschleife eingesetzt, die den hochfrequenten Gleichstrompulsationen nicht zu folgen vermag, aber die ihnen aufgeprägte Schallfrequenz getreu wiedergibt. Die Aufzeichnung dieser in Wechselströme umgewandelten Schallfrequenzen ergibt eine kurvengetreue Abbildung der Druckamplituden des einwirkenden Schalls.

Zur Verstärkung dient in der beschriebenen Anordnung zunächst ein als Widerstandsverstärker geschaltetes Aggregat, das

für alle Schwingungen bis zu Schwingungszahlen von 10 000 Hertz annähernd gleichmäßige Verstärkungen ergibt. Bei der Aufzeichnung von Herzgeräuschen, die gleichzeitig sehr tiefe und sehr hohe Teiltöne mit großen Intensitätsunterschieden enthält, zeigt sich jedoch, daß häufig keine brauchbaren Aufzeichnungen erzielt werden, wenn, wie in den meisten Fällen, die den subjektiven Klangcharakter des Geräusches bestimmenden hohen Teiltöne gegenüber den tiefen Teiltönen sehr geringe physikalische Intensität aufweisen. Es ist dann zur Darstellung der hohen Teiltöne ein so hoher Verstärkungsgrad notwendig, daß in einer derartigen Aufschrift die Amplituden der physikalisch stärkeren tiefen Teiltöne über die durch die elektrischen Eigenschaften der verwendeten Verstärkerröhren gegebenen Grenzen hinaus verstärkt werden müßten. Dadurch würde ein Schallbild entstehen, dessen Vergleich mit dem subjektiven Gehörseindruck außerordentlich erschwert wäre. Aus diesem Grunde wurde in solchen Fällen ein zweites, ebenfalls als Widerstandsverstärker ausgebildetes Aggregat verwendet, dessen Eigenschaften so gewählt sind, daß eine Verstärkung ungefähr den Verhältnissen der Ohrempfindlichkeit entsprechend bewirkt wird. In einem derartigen Verstärker wird also wie beim Ohr eine selektive Empfindlichkeit für die hohen Teiltöne erzielt. Man hat sich dann vor Augen zu halten, daß derartige Schallaufzeichnungen nicht die wahren physikalischen Intensitätsverhältnisse der beteiligten Frequenzen wiedergeben, sondern eine Darstellung der Schallvorgänge bedingen, wie sie bei der Wahrnehmung mit dem Ohr vorliegen. Es kann hier nicht näher auf diese Verhältnisse eingegangen werden. Die besonderen Verhältnisse der Ohrempfindlichkeit schreiben ein derartiges Vorgehen vor, wenn man zu Schallaufzeichnungen gelangen will, die mit dem subjektiven Gehörseindruck verglichen werden sollen [1]). Bei der Erörterung der Ergebnisse wird jeweils erwähnt werden, welche Art von Verstärkung bei der Aufzeichnung der Schallbilder angewendet worden ist. Die bei Anwendung gleichmäßiger Verstärkung aller Schwingungsfrequenzen gewonnenen Schallbilder werden durch die Bezeichnung „Verstärker I" gekennzeichnet werden, die mit Bevorzugung der hohen Teiltöne gewonnenen Schallbilder aber durch die Bezeichnung „Verstärker II".

Um die zeitliche Anordnung der auf diese Weise aufgezeichneten Schallvorgänge innerhalb der einzelnen Phasen der Herz-

[1]) Vgl. E. B a ß (1), Über die physiologischen Grundlagen der für die Erkennung innerer Krankheiten bedeutsamen Gehörserscheinungen. Klin. Wo. **6**, 2073 (1927).

tätigkeit beurteilen zu können, ist es notwendig, gleichzeitig mit dem Schall entweder das Elektrokardiogramm oder den Puls einer zentralen Arterie aufzuzeichnen. Wir haben aus technischen Gründen die Aufzeichnung des Carotispulses gewählt, der mit einem kleinen Trichter am Hals aufgenommen und durch eine Segmentkapsel nach O. Frank (11) auf der Schallkurve mitaufgezeichnet wurde. Da die zeitlichen Beziehungen zwischen dem Anstieg der Carotispulskurve und den Schallerscheinungen am Herzen durch die Untersuchungen früherer Autoren hinreichend bekannt sind (R. H. Kahn [17, 18], Joachim und Weiß [16], Gerhartz [15] u. a.), ist es auf diese Weise möglich, ein Urteil über die zeitliche Anordnung der Schallerscheinungen zu gewinnen. Auf die Form des Ablaufes der Carotispulsation im einzelnen brauchte hier kein Wert gelegt zu werden. Es kam lediglich auf die Festlegung des Beginns des Carotispulsanstieges an.

III. Ergebnisse.

1. Das Verhalten normaler, reiner Herztöne.

Ehe in die Schilderung der Befunde beim präsystolischen Geräusch der Mitralstenose eingetreten wird, ist es notwendig, das Schallbild normaler, reiner Herztöne kennen zu lernen, wie sie bei der Anwendung der geschilderten Methode zur Darstellung kommen.

Auf Tafel I, Abb. 1 ist das Schallbild normaler, reiner Herztöne eines gesunden jungen Mannes (Fall K. W.) dargestellt. Das Kondensatormikrophon wurde auf die Gegend des nur wenig fühlbaren Herzspitzenstoßes aufgelegt. Zur Verstärkung wurde der Verstärker I (gleichmäßige Verstärkung aller Schwingungsfrequenzen) eingesetzt. Oben auf der Kurve ist die Zeitmarkierung in Abständen von $^1/_{50}$ Sek. verzeichnet; die mittlere Kurve stellt das Schallbild, die untere den Ablauf der Carotispulsation dar.

Was das technische Vorgehen bei der Aufnahme derartiger Schallbilder betrifft, so ist zu sagen, daß das Kondensatormikrophon unbedenklich direkt auf die Herzgegend aufgesetzt werden kann. Störungen durch Erschütterungen der Brustwand infolge des Herzspitzenstoßes oder sonstiger Pulsationen wurden nicht beobachtet und sind auch nicht zu erwarten, da das Kondensatormikrophon nicht erschütterungsempfindlich ist; eine Relativbewegung der Membran gegen das Mikrophongehäuse bei grobmechanischen Erschütterungen ist nicht möglich. Wenn wir annehmen

wollen, daß Anteile des Herzspitzenstoßes doch in der Schallkurve enthalten sind, etwa in solchen Fällen, wo die Pulsation der Brustwand eine besonders deutliche ist, so darf man nicht anstehen, derartige Schwingungsvorgänge mit unter die Schallerscheinungen zu rechnen, wenn die Frequenzen, um die es sich dabei handelt, innerhalb des für Schallschwingungen geltenden Frequenzbereiches liegen. Langsamere, unterhalb der unteren Hörgrenze gelegene Schwingungen, die man als Spitzenstoßanteile auffassen könnte, wurden in unseren Aufzeichnungen nie beobachtet.

Bei der näheren Betrachtung des Schallbildes sieht man, daß hier sowohl im 1. als im 2. Herzton langsame Schwingungen vorherrschen. Ihre Frequenzen liegen zwischen 40 und 60 Hertz. Höhere Teiltöne sind nur im 1. Herzton direkt erkennbar und auch da nur angedeutet; bei der Ausmessung der Kurven wird für sie eine Frequenz von etwa 200 Hertz gefunden.

Die Aufschreibung der Herztöne von derselben Versuchsperson an derselben Stelle unter Anwendung einer Verstärkung, wie sie in ungefährer Annäherung der Ohrempfindlichkeit entspricht (Verstärker II), ergibt ein wesentlich anderes Bild. Wie aus Tafel I, Abb. 2 hervorgeht, ist von den im ersten Schallbild hauptsächlich hervortretenden langsamen Schwingungen in der Gegend von 40 — 60 Hertz hier nichts mehr zu erkennen. Entsprechend den Eigenschaften der hier angewendeten Verstärkeranordnung sind die tiefen in dem Herzschall enthaltenen Teiltöne wiedergegeben, die in den Kurven mit gleichmäßiger Verstärkung aller Teiltöne nur eben angedeutet sind. Die hohen Teiltöne weisen hier wie dort Schwingungszahlen von etwa 200 Hertz auf.

Aus beiden Kurven ist weiterhin zu entnehmen, daß die zeitliche Distanz zwischen dem Beginn des 1. Herztones und dem Anstieg der Carotispulsation 0,08 Sek. beträgt. Das Ende des 1. Herztones fällt mit dem Beginn des Carotispulsanstieges zusammen.

2. Die Geräuschbefunde bei Mitralstenose.

Wenn wir nun zur Besprechung der objektiven Schallbilder bei Mitralstenose mit dem Befund des präsystolischen Geräusches übergehen, so ist zunächst zu sagen, daß die Fälle reiner Mitralstenose mit dem ausschließlichen Vorhandensein eines typischen präsystolischen Crescendo-Geräusches nicht allzu häufig sind. Vielfach wird man bei den als Mitralstenose bezeichneten Fällen das gleichzeitige Bestehen einer wenn auch geringgradigen Insuffizienz der Mitralklappe nicht mit voller Sicherheit ausschließen

können, da die zugrundeliegende Endokarderkrankung beide Arten von Ventildefekten zu erzeugen vermag. Für die Entscheidung der hier vorliegenden Frage nach der Entstehungsweise des präsystolischen Mitralstenosengeräusches sind natürlich solche Fälle am wertvollsten, die den Befund des präsystolischen Geräusches in möglichst reiner Form darbieten.

Den folgenden Erörterungen sind im ganzen sechs Fälle von Mitralklappenfehlern zugrunde gelegt worden, von denen vier den auskultatorischen Befund des präsystolischen Geräusches in ausgeprägter, typischer Form darboten. In einem weiteren Fall lag bei frischer Endokarditis ein diastolisches Geräusch mit präsystolischem Anstieg der Lautstärke und außerdem ein leises systolisches Geräusch vor. Im letzten Fall schließlich handelt es sich um eine Kombination von Mitralstenose mit Mitralinsuffizienz bei ausgesprochenem, typischem Geräuschbefund.

Der Erörterung der einzelnen Schallbilder werden jeweils klinische Notizen vorausgeschickt werden, die die Grundlage für die Beurteilung des Geräuschbefundes abgeben sollen.

Fall I. A. W., 29 jähriges Mädchen, das im Alter von zwölf Jahren eine Erkrankung an Chorea minor durchgemacht hat. Seither bestehen Herzbeschwerden (Herzklopfen und Atemnot) namentlich bei körperlicher Anstrengung. Im Alter von 14 Jahren Grippe und Lungenentzündung. Im Jahre 1919 wurde Pat. erstmalig wegen Herzklappenfehler in der Klinik behandelt. Eine im Jahre 1924 eingetretene Gravidität wurde des Herzklappenfehlers wegen unterbrochen. Im Mai 1926 Klinikbehandlung wegen Gelenkrheumatismus und Angina. Seit dieser Zeit treten die Herzbeschwerden in verstärktem Maße auf. Nach der Entlassung aus der Klinik nur kurze Zeit Besserung. Schon im August 1926 war erneut Klinikaufnahme wegen eingetretener Dekompensation notwendig.

B e f u n d: Palpation: ausgesprochen hebende Aktion über dem rechten Ventrikel, Spitzenstoß nicht hebend.

Herzferndurchleuchtung: Medianabstand r. 4,7 cm, Medianabstand l. 7,5 cm, Längsdurchmesser 15 cm. Beim Vergleich dieser Zahlen mit den Normalwerten nach G r ö d e l ergibt sich, daß die Werte des Medianabstandes r. und l. in der Nähe der Mittelzahlen liegen; nur der Wert für den Längsdurchmesser erreicht den als obere Normgrenze angegebenen Maximalwert. Das Herz steht ziemlich steil; der linke Herzrand fällt steil ab. Der Pulmonalbogen ist nicht besonders ausgeprägt. Der linke Vorhof erscheint bei der Durchleuchtung in den verschiedenen Durchmessern groß.

Auskultation: Über der Herzspitze hört man ein außerordentlich deutliches, typisches präsystolisches Crescendo-Geräusch, das mit dem laut klappenden 1. Herzton abschließt. Der 2. Herzton ist scharf begrenzt, der 2. Pulmonalton deutlich akzentuiert.

Die Leber überragt den Rippenbogen in der Mammillarlinie um 2 Querfinger. Es besteht deutlich Cyanose. Manifeste Oedeme sind nicht nachweisbar.

Blutdruck: 130/80 mm Hg.

Pulsfrequenz in der Ruhe: 100/Min.

Diagnose: Mitralstenose.

Das Kondensatormikrophon wurde im 5. Zwischenrippenraum etwas einwärts von der Mammillarlinie aufgesetzt, weil dort das präsystolische Geräusch in ziemlich eng umschriebenem Bezirk am deutlichsten hörbar war.

Es wurde zunächst ein Schallbild unter Verwendung von Verstärker I mit geschlossenem System aufgezeichnet (Tafel II Abb. 3). Die beiden großen Ausschläge unmittelbar vor dem Beginn des Carotispulsanstieges sind auf den laut klappenden 1. Herzton zu beziehen, der hier 0,06 Sek. vor dem Carotispulsanstieg einsetzt. Der 2. Herzton ist im Anfang und am Ende des abgebildeten Kurvenstückes in Form einer isolierten Schwingung mit großer Amplitude dargestellt. Auf den 2. Herzton folgt eine Pause mit fast vollkommener Schallruhe. Dann beginnt in der 2. Hälfte der Diastole ein deutliches Geräusch aufzutreten, dessen Schwingungsamplituden gegen den Beginn des 1. Herztones hin ziemlich rasch zunehmen. Das Geräusch selbst geht unmittelbar in den 1. Herzton über, der mit dem Beginn des Carotispulsanstiegs im wesentlichen abgeklungen ist. Im Anfang der Systole finden sich zwar noch einzelne Schallschwingungen kleiner Amplitude, die aber unter ziemlich rascher Abnahme der Amplituden in die vor dem 2. Herzton gelegene Schallpause übergehen.

Die Betrachtung des 2. Schallbildes desselben Geräusches, das unter Anwendung des Verstärkers II aufgenommen ist (Tafel II Abb. 4), läßt den klappenden 1. Herzton noch schärfer als in der ersten Aufnahme aus dem übrigen Kurvenverlauf hervortreten. Es ist nach diesem Schallbild nicht zweifelhaft, wo der Beginn des 1. Herztones anzusetzen ist. Das präsystolische Crescendo-Geräusch tritt in der Kurve ebenfalls deutlich hervor; man erkennt gut die nach dem Beginn des 1. Herztones hin ansteigenden Amplituden der Geräuschschwingungen. Was die Dauer des 1. Herztones betrifft, so sieht man, daß er im wesentlichen zur Zeit des Carotispulsanstieges beendigt ist. Die danach im Beginn der Systole noch

vorhandenen Schwingungen kleinster Amplitude können als ganz leises systolisches Geräusch aufgefaßt werden und entsprechen den zeitlich ähnlich angeordneten Schwingungen langsamerer Frequenz in Tafel II Abb. 3. Die dem 2. Herzton zuzurechnenden Schwingungen gegen Ende des in Tafel II Abb. 4 dargestellten Kurvenstückes sind etwas reichhaltiger als in der Aufschrift mit mit Verstärker I.

Beim Vergleich der beiden objektiven Schallbilder mit dem subjektiven Auskultationsbefund des präsystolischen Geräusches ist es nicht zweifelhaft, daß der in den Kurven enthaltene, dem 1. Herzton vorausgehende Geräuschanteil als das Abbild des subjektiv festgestellten präsystolischen Crescendo-Geräusches anzusehen ist. Wenn auch im Beginn der Systole noch einzelne auf das Vorhandensein eines leisen systolischen Geräusches hindeutende Schwingungen nachweisbar sind, so ist es doch nicht möglich, diese wenig hervortretenden und nur kleine Amplitude aufweisenden Geräuschanteile mit dem subjektiv so eindrucksvollen und nach dem üblichen Sprachgebrauch als präsystolisch bezeichneten Geräusch in Zusammenhang zu bringen.

Fall II. B. L., 48 jährige Frau, die seit 3 Jahren über Herzklopfen und Kurzatmigkeit beim Treppensteigen und anderen, auch geringfügigen körperlichen Anstrengungen zu klagen hat. Seit dieser Zeit besteht auch zeitweise Husten. In der Knöchelgegend treten öfters Anschwellungen auf. Früher sei Pat. nie ernstlich krank gewesen. Über die Entstehungsursache der jetzt bestehenden Herzbeschwerden läßt sich anamnestisch nichts Sicheres ermitteln.

B e f u n d : Palpation: Deutlich hebende Aktion im Bereich des r. Ventrikels. Herzspitzenstoß nicht hebend und nicht verbreitert.

Herzferndurchleuchtung: Medianabstand r. 4 cm, Medianabstand l. 9,5 cm, Schrägdurchmesser 14,5 cm. Der Wert für den Medianabstand r. entspricht dem nach der Körperlänge zuständigen Mittelwert, der Wert für den Medianabstand l. dem Maximalwert. Der Wert für den Schrägdurchmesser überschreitet den zulässigen Maximalwert um 0,3 cm.

Auskultation: Über der Herzspitze ist ein typisches, präsystolisches Crescendo-Geräusch zu hören, das subjektiv nicht sehr laut, aber doch deutlich wahrnehmbar ist. Das Geräusch schließt mit dem klappenden 1. Herzton ab. Nach einer kurzen Pause folgt ein weiches, leises diastolisches Geräusch. Der 2. Pulmonalton ist akzentuiert.

Die Leber ist nicht vergrößert, Ödeme sind nicht vorhanden. In der Ruhe besteht keine Cyanose, wohl aber nach raschem Gehen und Treppensteigen.

Blutdruck: 120/60 mm Hg.

Pulsfrequenz in der Ruhe: 72/Min.

Diagnose: Mitralstenose.

Das von der Herzspitze gewonnene Schallbild des Geräuschbefundes ist auf Tafel II Abb. 5 dargestellt. Die Deutung macht keine Schwierigkeiten. Der klappende 1. Herzton markiert sich auch hier durch einige Schwingungen mit großen, aus dem übrigen Niveau der Kurve hervorragenden Amplituden. Die zeitliche Einordnung dieser Schwingungsgruppe in die Phase der Herztätigkeit ist durch den Anstieg des Carotispulses gegeben. Die kleinere, aber ebenfalls sich aus dem übrigen Kurvenbild scharf heraushebende Zacke am Beginn des abgebildeten Kurvenstückes ist dem 2. Herzton zuzurechnen. Man sieht nun weiter, daß die ganze Diastole durch ein Geräusch ausgefüllt ist, dessen Schwingungsamplituden im Beginn der Diastole zunächst verhältnismäßig groß sind, dann abnehmen, um kurz vor dem Beginn des 1. Herztons wieder anzusteigen. Für die vorliegende Fragestellung interessiert hauptsächlich der unmittelbar vor dem Beginn des 1. Herztons gelegene Geräuschanteil, den man seiner zeitlichen Anordnung nach als präsystolisch gelegen bezeichnen muß, und der nach den Intensitätsverhältnissen beurteilt, deutlichen Crescendo-Charakter aufweist, wenn auch nicht so ausgeprägt wie in dem Fall A. W. Der Beginn des 1. Herztones liegt nach dem Vermessungsergebnis des Kurvenoriginals 0,07 Sek. vor dem Carotispulsanstieg. Der 1. Herzton ist um den Zeitpunkt des Carotispulsanstiegs im wesentlichen abgeklungen, wie dies auch beim Normalen der Fall zu sein pflegt. Ein irgendwie nennenswertes Geräusch während der Systole ist nicht in der Kurve nachweisbar. Es ist nicht wahrscheinlich, daß die wenigen Schwingungen mittlerer Amplitude, die auf die großen Amplituden des 1. Herztons folgen, im Sinne eines in die Systole hereinragenden Geräusches zu deuten sind; sie sind vielmehr mit großer Wahrscheinlichkeit noch dem 1. Herzton zuzurechnen. Es ist auch wohl kaum möglich, diese wenigen Schwingungen als das Abbild des Crescendo-Geräusches anzusprechen, da die Amplituden hier immer kleiner werden und die Schwingungen sehr sasch abklingen, bis sie in die zwischen 1. und 2. Herzton gelegene Schallpause übergehen. Der im Auskultationsbefund als präsystolisches Crescendo-Geräusch bezeichnete Geräuschanteil liegt vielmehr

auch nach dem Befund am Schallbild ohne Zweifel vor dem Beginn des 1. Herztons.

In einem weiteren Fall von Mitralstenose (Fall III, T. D.), bei dem nach dem subjektiven Auskultationsbefund ebenfalls ein typisches, präsystolisches Crescendo-Geräusch bestand, das mit dem scharf begrenzten, klappenden 1. Herzton abschloß, ergab das Schallbild ganz ähnliche Verhältnisse wie in den beiden ausführlich geschilderten Fällen. Auch hier lag der Geräuschanteil, der subjektiv als präsystolisches Geräusch angesprochen wurde, in seinem Beginn so weit vor dem 1. Herzton, daß er zweifellos nach seiner zeitlichen Zugehörigkeit an das Ende der Diastole einzuordnen war und damit auch objektiv als präsystolisch bezeichnet werden mußte.

Der nächste Fall, klinisch ebenfalls eine reine Mitralstenose, zeigt eine gewisse Besonderheit, und soll daher wieder ausführlich besprochen werden.

Fall IV. P. M., 33 jährige Frau, die im September 1927 eine Fehlgeburt im 4. Monat der Gravidität durchgemacht hat. Seit dieser Zeit klagt sie schon bei geringen körperlichen Anstrengungen über Herzklopfen und Kurzatmigkeit. Die Beine schwellen gegen Abend meistens an. Außerdem leidet sie viel unter Kopfschmerzen. Der Schlaf ist schlecht. Es besteht bei der Klinikaufnahme wieder Gravidität im 3. Monat. Pat. wird zur Entscheidung der Frage überwiesen, ob wegen des bestehenden Herzklappenfehlers die Gravidität unterbrochen werden muß.

B e f u n d : Palpation: Deutlich hebende Pulsation über dem r. Ventrikel, Herzspitzenstoß im 5. Zwischenrippenraum in der Medio-Clavicularlinie ebenfalls hebend tastbar.

Herzferndurchleuchtung: Die Herzform ist infolge einer bestehenden Kyphoskoliose kaum zu beurteilen. Beim Vergleich mit den sonstigen Abmessungen des Thorax scheint der Herzschatten vergrößert zu sein.

Auskultation: An der Herzspitze ist ein typisches präsystolisches Crescendo-Geräusch zu hören von subjektiv sehr hochklingendem Charakter; es schließt mit dem scharf begrenzten und klappenden 1. Herzton ab. Von einem systolischen Geräusch ist subjektiv nichts wahrnehmbar. Weiter besteht ein leises, subjektiv tiefklingendes und kurzdauerndes diastolisches Geräusch. Der 2. Pulmonalton ist akzentuiert. Die Leber überragt den Rippenbogen in der Mammillarlinie um zwei Querfinger. Es besteht deutliche Cyanose. An den Unterschenkeln sind geringe Ödeme vorhanden.

Blutdruck: 95/45 mm Hg.

Puls: Mäßig gefüllt, in der Ruhe 78 Schläge in der Minute.

Diagnose: Mitralstenose. Der hebende Herzspitzenstoß läßt die Möglichkeit einer gleichzeitig bestehenden Mitralinsuffizienz in Betracht ziehen, obwohl im subjektiven Geräuschbefund kein Anhaltspunkt dafür gegeben ist.

Von dem hier vorliegenden Geräuschbefund wurden wieder zwei Schallbilder mit verschiedener Technik hergestellt, und zwar eins mit Verstärker I und geschlossenem System und ein weiteres mit Verstärker II und geschlossenem System.

In dem ersten Schallbild (Tafel III Abb. 6) ist bei unmittelbarer Betrachtung sofort der 1. und der 2. Herzton an der Größe der aus dem übrigen Kurvenniveau herausragenden Schwingungsamplituden zu erkennen. Man erkennt deutlich das dem 1. Herzton vorausgehende präsystolische Geräusch; das Anwachsen der Amplituden der Geräuschschwingungen nach dem Beginn des 1. Herztons zu ist in dieser Aufschrift zwar erkennbar, aber nicht sehr ausgesprochen. Dem Beginn des präsystolischen Geräusches geht in der Diastole eine längere Zeit fast vollkommener Schallruhe voraus (vgl. den Anfangsteil des abgebildeten Kurvenstückes). Im Anfang der Systole sind verhältnismäßig weit in die Systole hereinragende Schallschwingungen verzeichnet, die als systolisches Geräusch aufgefaßt werden müssen. Die Amplituden dieser Schwingungen nehmen im Verlauf der Systole immer mehr ab, bis vor dem Einsetzen des 2. Herztones eine Periode fast vollkommener Schallruhe eintritt. An den 2. Herzton schließen sich einige Schwingungen sehr langsamer Frequenz mit verhältnismäßig großer Amplitude an, die man als den Ausdruck des auch subjektiv als tiefklingend bezeichneten diastolischen Geräusches ansehen muß.

In dem zweiten, mit Verstärker II aufgenommenen Schallbild (Tafel III Abb. 7), sind die langsamen Schwingungen, entsprechend den Siebeigenschaften dieses Verstärkers weitgehend unterdrückt. Die in Tafel III Abb. 6 so deutlich hervortretenden langsamen Schwingungen des 1. und 2. Herztons sind demzufolge in dieser Aufschrift nicht vorhanden. An ihrer Stelle finden sich die höheren Teiltonkomponenten dieser Teile des Geräuschbefundes verzeichnet. Besonders deutlich kommt aber das präsystolische Geräusch zur Darstellung, dessen subjektiv als hochklingend bezeichneter Charakter sich auch im objektiven Schallbild durch den größeren Reichtum an höherfrequenten Schwingungen kundtut. Die gegen den Beginn der Systole anwachsende Intensität des Ge-

räusches findet ihre Darstellung in der deutlichen Zunahme der Schwingungsamplituden dieses Geräuschanteils nach dem Beginn der Systole zu. Es fällt auf, daß hier wie in der erstbesprochenen Kurve auch im Anfangsteil der Systole noch Geräuschschwingungen nachweisbar sind, die sich hier deutlich über den Zeitpunkt des Carotispulsanstiegs hinaus bis in die Systole hinein fortsetzen. Im weiteren Verlauf der Systole erfolgt das Abklingen dieser Geräuschschwingungen ziemlich rasch, so daß vom zweiten Drittel des der Systole angehörigen Kurvenanteils ab wieder Schallruhe herrscht. Nach dem objektiven Befund muß hier das Vorliegen eines protosystolischen Geräusches festgestellt werden. Es zeigt rasch abklingenden Verlauf; keinesfalls kann man innerhalb des protosystolisch gelegenen Geräuschanteils ein Anwachsen der Amplituden erkennen. Subjektiv war von diesem auch für die objektive Schallaufnahme wenig intensiven Geräusch nichts wahrnehmbar.

Hier schließt sich ein weiterer Fall (Fall V, M. E.) an, bei dem sich im Verlauf einer frischen Endokarditis der Auskultationsbefund der Mitralstenose und Mitralinsuffizienz herausbildete. In dem Stadium der Erkrankung, in dem die Aufzeichnung des Geräuschbefundes vorgenommen wurde, war die Patientin bereits 14 Tage fieberfrei. Auskultatorisch fand sich ein lautes präsystolisches Geräusch mit Crescendo-Charakter und direktem Übergang in den klappenden 1. Herzton. Außerdem fand sich subjektiv ein leises, weiches, systolisches Geräusch.

Auf dem Schallbild, das auf Tafel III Abb. 8 dargestellt ist, ist im Anfang des abgebildeten Kurvenstückes der 2. Herzton deutlich erkennbar. Die großen Ausschläge in der Mitte des Kurvenausschnittes gehören dem klappenden 1. Herzton an. Man erkennt deutlich das im zweiten Drittel der Diastole einsetzende, subjektiv als präsystolisch bezeichnete Geräusch, dessen Schwingungsamplituden in seinem weiteren Verlauf allmählich zunehmen, um unmittelbar vor dem 1. Herzton wieder kleiner zu werden. An den 1. Herzton schließt sich das auch für die subjektive Wahrnehmung leisere systolische Geräusch an, das allmählich abklingend in die unmittelbar vor dem 2. Herzton gelegene relative Schallpause übergeht. Die Aufzeichnung des Carotispulses konnte in diesem Fall aus äußeren Gründen nicht vorgenommen werden; jedoch läßt sich die zeitliche Einordnung des objektiv dargestellten Geräuschbefundes in diesem Fall auch ohne diese Hilfe lediglich durch den Vergleich der Kurve mit dem subjektiven Horchbefund sehr gut vornehmen.

Schließlich soll noch ein letzter Fall ausführlich geschildert werden, bei dem eine voll ausgebildete Mitralstenose mit Mitralinsuffizienz vorlag.

Fall VI. W. H., 16 jähriger Lehrling, der im Oktober 1928 an Gelenkrheumatismus erkrankte. Nach vierwöchentlicher Dauer der Erkrankung war die Gelenkerkrankung abgeheilt. In unmittelbarem Anschluß daran traten Herzbeschwerden, Herzklopfen und Kurzatmigkeit auf, die sich schon bei geringen körperlichen Bewegungen verstärkten.

Befund: Palpation stark verbreiterter und ausgesprochen hebender Spitzenstoß, der nach links bis in die vordere Axillarlinie hinausreicht. Auch im Bereich des r. Ventrikels ist deutlich hebende Pulsation fühlbar.

Perkussion: Die relative Herzdämpfung steht am r. Sternalrand, am unteren Rand der 2. Rippe und 10 cm links vom l. Sternalrand. Die absolute Herzdämpfung beginnt in der Mittellinie auf dem Sternum, reicht nach oben bis zum unteren Rand der 3. Rippe und nach links 8,5 cm links vom l. Sternalrand.

Auskultation: An der Herzspitze hört man ein sehr lautes, subjektiv ziemlich hochklingendes, gießendes systolisches Geräusch und ein ebenfalls sehr lautes, aber tieferklingendes diastolisches Geräusch, das die ganze Dauer der Diastole auszufüllen scheint. Die beiden Geräusche gehen für die subjektive Wahrnehmung ohne deutliche Grenze ineinander über. Von den eigentlichen Herztönen ist nichts mehr zu hören. Der 2. Pulmonalton ist stark akzentuiert.

Die Leber steht in der Mammillarlinie einen Querfinger unterhalb des Rippenbogens. Keine manifesten Ödeme. Dagegen besteht deutliche Cyanose.

Blutdruck: 100/60 mm Hg.

Pulsfrequenz in der Ruhe 86 Schläge in der Minute.

Diagnose: Mitralstenose und Mitralinsuffizienz.

Bei der Registrierung des Geräuschbefundes wurde das Mikrophon in der Gegend der Herzspitze zwei Querfinger außerhalb der Mammillarlinie aufgesetzt.

Zunächst wurde eine Aufzeichnung der Geräusche mit Verstärker I und geschlossenem System vorgenommen. Man erkennt in der Aufschrift (Tafel IV Abb .9) deutlich das systolische Geräusch, das etwa 0,08 Sek. vor dem Carotispulsanstieg (durch Pfeil markiert) einsetzt. Das systolische Geräusch beginnt also hier in demselben Zeitpunkt, in dem bei Gesunden der 1. Herzton aufzu-

treten pflegt. Gegen Ende des abgebildeten Kurvenstückes sieht man, daß dem Beginn des systolischen Geräusches eine Pause vorausgeht, in der so gut wie keine Schallschwingungen nachweisbar sind. Schwingungskomplexe mit größerer Amplitude, die man auf den 1. Herzton beziehen könnte, sind nicht vorhanden; der 1. Herzton kommt hier offenbar infolge der bestehenden Mitralinsuffizienz gar nicht zustande. An das systolische Geräusch schließt sich nach kurzer Schallpause eine Gruppe von Schwingungen langsamer Frequenz und größerer Amplitude an, die man als 2. Herzton ansprechen muß. Nach einer nochmaligen kurzen Schallpause folgt das diastolische Geräusch, das den größten Teil der Diastole einnimmt und gegen das Ende der Diastole hin an Intensität abnimmt, um schließlich präsystolisch einer fast vollkommenen Schallpause Platz zu machen.

In dem Schallbild derselben Geräusche, das unter Anwendung von Verstärker II bei geschlossenem System aufgenommen wurde (Tafel IV Abb. 10), ergaben sich ungefähr dieselben Verhältnisse, wie sie eben geschildert wurden. Es sind hier vor allem die höheren in dem Geräusch enthaltenen Teiltöne zur Darstellung gebracht, die in der erst besprochenen Aufzeichnung nicht oder weniger deutlich erkennbar sind. Wenn man annimmt, daß die Schwingungsgruppe mit größerer Amplitude, die in der Zeit unmittelbar vor dem Carotispulsanstieg verzeichnet ist, dem Beginn der Systole angehört, so findet man, daß hier bei Anwendung anderer Technik auch unmittelbar vor dem Beginn der Systole noch Schallschwingungen nachweisbar sind, die ihrer zeitlichen Anordnung nach der präsystolischen Phase zugerechnet werden müssen, da sie ungefähr 0,14 Sek. vor dem Carotispulsanstieg aufzutreten beginnen. Bezüglich ihrer Intensität zeigen diese Schallschwingungen anwachsende Amplituden, je näher sie an die Gruppe von Schwingungen größerer Amplitude heranrücken, die mit großer Wahrscheinlichkeit als in den Beginn der Systole fallend bezeichnet werden müssen. Besonders deutlich ist dieser präsystolische Geräuschanteil ganz am Beginn des in Tafel IV Abb. 4 dargestellten Kurvenstücks wiedergegeben. Man muß also nach diesem Schallbild das Vorhandensein eines nach dem üblichen Sprachgebrauch als präsystolisch zu bezeichnenden Geräusches annehmen. Obwohl subjektiv ein solches Geräusch in dem sehr lauten Auskultationsbefund nicht im einzelnen zu differenzieren war, so entspricht doch das nach dem wahrscheinlichen Beginn der Systole hin nachweisbare Anwachsen der Amplituden dieses Geräuschanteils für diese Deutung.

Der Vergleich der hier besprochenen beiden Schallbilder untereinander zeigt deutlich, welche Rolle die Wahl der zur Aufzeichnung verwendeten Technik bei der näheren Differenzierung des Geräuschbefundes spielt.

IV. Erörterung der Ergebnisse.

Wenn wir die Ergebnisse der hier ausführlich geschilderten Schallaufzeichnungen überblicken, so ist zu sagen, daß aus keiner der besprochenen Schallkurven Anhaltspunkte dafür zu gewinnen sind, daß das als präsystolisch bezeichnete Geräusch mit einem irgendwie nennenswerten Anteil in die Herzsystole hereinfällt. Man kann vielmehr in allen den Fällen, in denen der subjektive Befund des präsystolischen Geräusches in reiner Form zu erheben war, feststellen, daß auch nach dem objektiven Schallbild die entsprechenden Geräuschanteile rein präsystolische Anordnung zeigen. In drei Fällen dieser Art waren nach Abklingen des 1. Herztons im Verlauf der Systole keine sicheren Schallschwingungen mehr nachweisbar. Das Schallbild des 1. Herztons zeigt dabei allerdings eine etwas andersartige Konfiguration als beim Normalen; dies ist aber auch gar nicht anders zu erwarten, da ja die lauten, klappenden 1. Herztöne, die sich an das präsystolische Geräusch anschließen, auch für die subjektive Wahrnehmung mit dem Gehör einen deutlichen Unterschied des Klangcharakters gegenüber dem normalen Befund aufweisen. Man kann aus den Schallbildern weiter feststellen, daß bei reiner Mitralstenose der 1. Herzton zur Zeit des Carotispulsanstieges abgeklungen zu sein pflegt, wie dies auch beim Normalen der Fall ist.

In Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Weiß und Joachim (29) wird auch in den hier besprochenen Schallbildern festgestellt, daß der Beginn des 1. Herztons bei Mitralstenose etwas später liegt als beim Normalen. Immerhin liegen aber die Werte für den Abstand des Beginns des 1. Herztons vom Beginn des Carotispulsanstiegs bei Mitralstenose mit 0,06—0,07 Sek. noch recht nahe an dem beim Normalen gefundenen Wert von 0,08 Sek. Dieser Umstand kann an der geäußerten Auffassung von der zeitlichen Anordnung des präsystolischen Geräusches nichts wesentliches ändern. Die Annahme von Weitz (31), daß das sog. präsystolische Geräusch in Wirklichkeit protosystolisch gelegen und also durch die Ventrikeltätigkeit bedingt sei, könnte nur dann Geltung gewinnen, wenn der Beginn des Crescendo-Geräusches in einen Zeitpunkt fiele, wo man bereits mit dem Intätigkeittreten des

linken Ventrikels rechnen müßte. Dies ist aber nach den vorliegenden objektiven Befunden nicht der Fall. Wir müssen daher in Übereinstimmung mit Weiß und Joachim (29) an der bisher geltenden Auffassung von der präsystolischen Anordnung des Crescendo-Geräusches der Mitralstenose festhalten. Es konnte gezeigt werden, daß sich in einem subjektiv nur den Befund des präsystolischen Crescendo-Geräusches bietenden Fall an den 1. Herzton ein leises systolisches Geräusch anschloß. Es handelte sich aber dabei um Schallschwingungen, die nur auf kurze Zeit und mit rasch abnehmenden Amplituden nachweisbar sind. Von einem systolischen Geräusch war subjektiv nichts wahrnehmbar. Es ist eine bekannte Tatsache, die auch von Weitz (31) bestätigt wird, daß leise protosystolische Geräusche bei Mitralstenose leicht der subjektiven Wahrnehmung entgehen; sie werden von dem eindrucksvollen Befund des präsystolischen Crescendo-Geräusches mit dem nachfolgenden klappenden 1. Herzton überdeckt. Man wird sich fragen müssen, ob es sich in den kardiographischen Kurven von Weitz (31), die zu seiner abweichenden Ansicht von der zeitlichen Anordnung des Crescendo-Geräusches führten, nicht um die Wiedergabe derartiger, der subjektiven Wahrnehmung entgangener protosystolischer Geräusche handelt, während das eigentliche präsystolische Geräusch in der Aufschrift nicht wiedergegeben ist. Solche Unterschiede zwischen der subjektiv wahrgenommenen Lautstärke und den objektiv aufgezeichneten Schwingungsamplituden derartiger Geräusche liegen durchaus im Bereich der Möglichkeit. Die für den Vergleich der subjektiven Erfahrungen mit dem objektiven Befund in Frage kommenden Gesichtspunkte sind zu Beginn unserer Darlegungen bei der Erörterung der Methodik besprochen worden.

Auf die Notwendigkeit einer kritischen Einstellung gegenüber der Bewertung des subjektiven Geräuschbefundes bei Mitralstenose hat in jüngster Zeit Edens (6a) hingewiesen. Auf Grund dynamischer Überlegungen kommt er zu dem Schluß, daß das diastolische Geräusch bei Mitralstenose zur Zeit der größten Strömungsgeschwindigkeit am lautesten sein muß, d. h. in der Regel am Anfang und am Ende der Kammerdiastole, und zwar im Anfang infolge der raschen Senkung des Kammerdruckes, am Ende infolge der Steigerung des Vorhofsdrucks durch die Vorhofssystole. Daraus ergeben sich zwei Höhepunkte des Geräusches in der protodiastolischen und präsystolischen Phase der Herztätigkeit, zwischen denen ein Zeitraum gelegen ist, in dem das Geräusch leise ist oder auch fehlt. Einen objektiven Beleg für das Vorkommen einer

solchen Geräuschanordnung finden wir in dem auf Tafel II Abb. 5 dargestellten Geräuschbefund des Falles B. L. Man hat dabei zu bedenken, daß für die Bewertung der Intensitätsverhältnisse der Geräusche auf Grund der Schallbilder nicht allein die Größe der Einzelamplituden, sondern auch die Anzahl der in den einzelnen Geräuschabschnitten nachweisbaren Teilschwingungsvorgänge in Betracht gezogen werden muß.

Die Anschauung, daß die Ursache des präsystolischen Crescendo-Geräusches in der Vorhofstätigkeit zu suchen sei, findet eine Stütze in neuen Untersuchungen von H. Straub (25). Mit leistungsfähigen optischen Manometern ließ sich im Tierversuch nachweisen, daß bei experimentell erzeugter Mitralstenose das Gesamtniveau der Druckkurve des linken Vorhofs erhöht liegt, und daß die Vorhofssystole selbst einen besonders kräftigen Druckzuwachs erzeugt. Als neue, überraschende Tatsache ergab sich in diesen Versuchen, daß die kräftige Vorhofssystole den diastolischen Kammerdruck um recht erhebliche Werte in die Höhe zu treiben vermag, während man an sich erwarten müßte, daß sich die Steigerung des Vorhofdruckes infolge der Verengung des Mitralostiums in der Kammerdruckkurve nicht in nennenswertem Maße bemerkbar macht. Man muß nach diesen Befunden annehmen, daß die abnorm kräftige Vorhofssystole für die Füllung der Kammern doch von ganz entscheidender Bedeutung ist. Es leuchtet ein, daß durch diesen kräftigen vorhofsystolischen Impuls beim Strömen des Blutes durch das verengte Mitralostium die Vorbedingungen für die Entstehung eines präsystolischen Crescendo-Geräusches besonders günstig sind. Die bestehende Vergrößerung des Kammerdrucks würde dann nach H. Straub (25) möglicherweise auch die Lautheit des 1. Herztons bei Mitralstenose erklären können.

V. Zusammenfassung.

Auf Grund graphischer Aufzeichnungen mit leistungsfähiger Methodik wird die zeitliche Anordnung des präsystolischen Crescendo-Geräusches bei Mitralstenose diskutiert. Im Gegensatz zu neueren Äußerungen anderer Autoren zu dieser Frage muß nach den vorliegenden Untersuchungen daran festgehalten werden, daß das präsystolische Mitralstenosengeräusch zeitlich an das Ende der Diastole einzuordnen ist. Bei dem Zustandekommen seines Crescendo-Charakters kommt mit großer Wahrscheinlichkeit der Tätigkeit des linken Vorhofs erhebliche Bedeutung zu.

Herrn Professor H. Straub danke ich für die freundliche Anregung zu dieser Arbeit und Herrn Privatdozenten Dr. E. Baß für die liebenswürdige Unterstützung und Hilfsbereitschaft bei der Durchführung der Untersuchungen.

Literatur.

1. E. Baß, Über die physiologischen Grundlagen der für die Erkennung innerer Krankheiten bedeutsamen Gehörserscheinungen. Klin. Wo. **6**, 2073 (1927).
2. — Über eine neue Methode zur objektiven Aufzeichnung von Herztönen und Atemgeräuschen. Med. Ver. Greifswald, Sitz. v. 19. 11. 1926. Ref. Klin. Wo. **5**, 236 (1927).
3. — Über das Wesen der Atemgeräusche. I. Mitt.: Das normale vesikuläre Atemgeräusch. Ztschr. f. d. ges. exp. Med. **59**, 133 (1928). II. Mitt.: Das bronch. Atemgeräusch bei Pneumoniekranken. Ztschr. f. d. ges. exp. Med. **63**, 578 (1928).
4. A. Bittorf, H. Liebig und F. Trendelenburg, Über den klingenden 2. Aortenton. Ztschr. f. Kreislaufforschung **19**. 681 (1927).
5. Brockbank, Britisch. med. Journ. 1909, 510. Zit. nach W. Weitz, Studien zur Herzphysiologie und -pathologie auf Grund kardiographischer Untersuchungen. Erg. d. inn. Medizin u. Kinderheilkunde **22**, 402 (1922).
6. Ph. Brömser, Anwendung mathematischer Methoden auf dem Gebiet der physiologischen Mechanik. Hdb. d. biol. Arb.-Meth. von E. Abderhalden. Abt. V. Teil 1. Heft 1. S. 81—166. Berlin (Verlag Urban & Schwarzenberg) 1921.

6 a. E. Edens, Die Krankheiten des Herzens und der Gefäße. Berlin (Verlag Jul. Springer) 1929.

7. W. Einthoven, Die Registrierung der menschlichen Herztöne mittels des Saitengalvanometers. Pfl. Arch. f. d. ges. Physiol. **117**, 461 (1907).
8. W. Einthoven und S. Hoogerwerf, Der Saitenphonograph. Pfl. Arch. f. d. ges. Physiol. **204**, 275 (1924).
9. G. Fahr, Zur Theorie des Saitengalvanometers. Ztschr. f. Biologie **64**, 61 (1917).
10. O. Frank, Die unmittelbare Registrierung der Herztöne. Mü. Med. Wo. **51**, 593 (1904).
11. — Der Puls in den Arterien. Ztschr. f. Biologie **46**, 441 (1905).
12. H. Frederick und H. F. Dodge, The Stethophone, an Electrical Stethoscope. The Bell system techn. Journ. **3** (1924).
13. S. Garten, Über die Verwendung der Seifenmembran zur Schallregistrierung. Ztschr. f. Biologie **56**, 41 (1911).
14. H. Gerhartz, Die Aufzeichnung von Schallerscheinungen, insbes. die des Herzschalls. Ztschr. f. exp. Path. u. Therap. **5**, 105 (1909).
15. — Herzschallstudien. Pfl. Arch. f. d. ges. Physiol. **131**, 509 (1910).

16. G. Joachim und O. Weiß, Registrierungen von Herztönen und Herzgeräuschen beim Menschen. Dtsch. Arch. f. klin. Med. **98**, 513 (1910).
17. R. H. Kahn, Die Lage der Herztöne im Elektrokardiogramm. Pfl. Arch. f. d. ges. Physiol. **133**, 505 (1910).
18. — Studien am Phonokardiogramm. Pfl. Arch. f. d. ges. Physiol. **140**, 471 (1911).
19. R. Ohm, Über die praktische Verwertung der Registrierung des Herzschalls. Ztschr. f. exp. Path. u. Therap. **19**, 299 (1918).
20. K. Posener und F. Trendelenburg, Über Herztöne und Herzgeräusche. Ztschr. f. techn. Physik **9**, 495 (1928).
21. H. Riegger, Das Kondensatormikrophon. Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern **3**, 67 (1924).
22. E. Romberg, Lehrb. der Krankheiten des Herzens und der Blutgefäße. 4./5. Aufl. Stuttgart (Verlag Ferd. Enke) 1925.
23. F. Scheminzky, Verstärkung und graph. Registrierung von Schallerscheinungen über Herz und Lunge mittels Elektronenröhren. Ztschr. f. d. ges. exp. Med. **57**, 470 (1927).
24. H. Straub, Zur Dynamik der Klappenfehler des linken Herzens. Dtsch. Arch. f. klin. Med. **122**, 201 (1917).
25. — Die Dynamik der Herzklappenfehler. Verh. d. Dtsch. Ges. f. inn. Med. 41. Kongr. Wiesbaden 1929.
26. F. Trendelenburg, Über Aufzeichnung und Wiedergabe von Herztönen und Atemgeräuschen. Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern **5**, 175 (1927).
27. — Über physikal. Eigenschaften der Herztöne. Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Konzern **6**, 184 (1928).
28. O. Weiß, Das Phonoskop, eine Vorrichtung zur Analyse und Registrierung schwacher Schallqualitäten. Med. Naturw. Arch. **1**, 437 (1908).
29. O. Weiß und G. Joachim, Registrierung von Herztönen und Herzgeräuschen mittels des Phonoskops und ihre Beziehungen zum Elektrokardiogramm. Ztschr. f. klin. Med. **73**, 240 (1911).
30. W. Weitz, Über die Kardiographie des path. Herzens mit dem Frankschen Apparat. Dtsch. Arch. f. klin. Med. **124**, 155 (1918).
31. — Studien zur Herzphysiologie und -pathologie auf Grund kardiograph. Untersuchungen. Erg. d. inn. Med. u. Kinderheilkunde **22**, 402 (1922).

Tafel I.

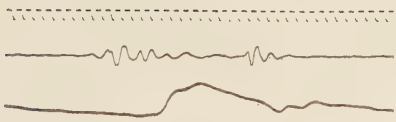

Abb. 1.

Fall K. W. Normale Herztöne.
Abnahmestelle: Herzspitze.
Verstärker I, geschl. System.

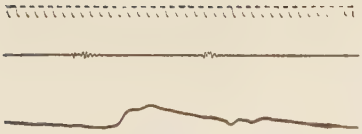

Abb. 2.

Fall K. W. Normale Herztöne.
Abnahmestelle: Herzspitze.
Verstärker II, geschl. System.

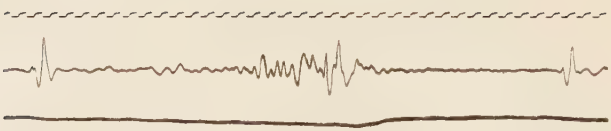

Abb. 3.

Fall A. W. Mitralstenose. Befund s. Text.
Abnahmestelle: Herzspitze.
Verstärker I, geschl. System.

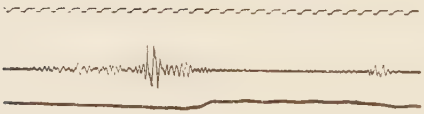

Abb. 4.

Fall A. W. Mitralstenose. Befund s. Text.
Abnahmestelle: Herzspitze.
Verstärker II, geschl. System.

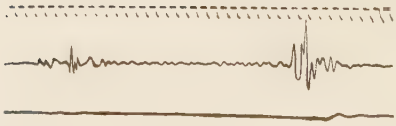

Abb. 5.

Fall B. L. Mitralstenose. Befund s. Text.
Abnahmestelle: Herzspitze.
Verstärker I, off. System.

Tafel III.

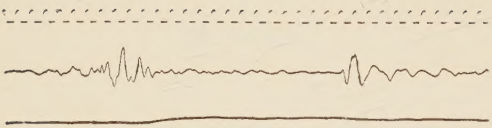

Abb. 6.

Fall P. M. Mitralstenose. Befund s. Text.
Abnahmestelle: Herzspitze.
Verstärker I, geschl. System.

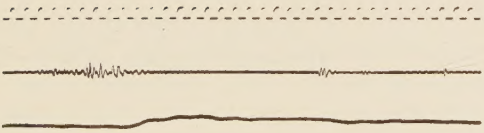

Abb. 7.

Fall P. M. Mitralstenose. Befund s. Text.
Abnahmestelle: Herzspitze.
Verstärker II, geschl. System.

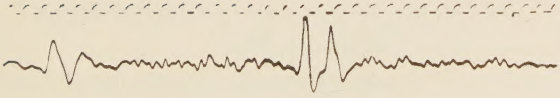

Abb. 8.

Fall M. E. Mitralstenose + Mitralinsuffizienz.
Befund s. Text.
Abnahmestelle: Herzspitze.
Verstärker I, geschl. System.

Tafel IV.

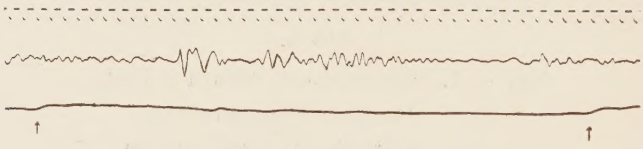

Abb. 9.

Fall W. H. Mitralstenose + Mitralinsuffizienz.
Befund s. Text.
Abnahmestelle: Gegend der Herzspitze,
2 Querfinger außerhalb der Mammillarlinie.
Verstärker I, geschl. System.

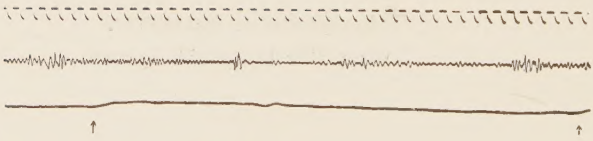

Abb. 10.

Fall W. H. Mitralstenose + Mitralinsuffizienz.
Befund s. Text.
Abnahmestelle: Gegend der Herzspitze,
2 Querfinger außerhalb der Mammillarlinie.
Verstärker II, geschl. System.

Lebenslauf.

Am 3. August 1903 bin ich in Murowana-Goslin bei Posen geboren. Ostern 1923 bestand ich das Abitur an dem Realgymnasium zu Berlin-Oberschöneweide. Daraufhin studierte ich Medizin. In der vorklinischen Zeit verbrachte ich 1 Semester in Berlin und 3 Semester in Greifswald, wo ich im März 1925 die ärztliche Vorprüfung bestand. Die klinischen Vorlesungen hörte ich 1 Semester in Jena, 1 Semester in Berlin und 4 Semester in Greifswald. Am 21. Juli 1928 habe ich das Staatsexamen in Greifswald beendet. Seit 1. September 1928 bin ich als Medizinalpraktikantin an der Medizinischen Klinik der Universität Göttingen tätig.